

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 1 0 日
Date of Application:

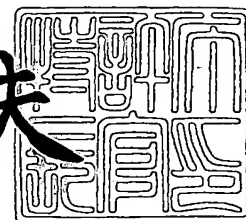
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 3 2 5 2 2
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 3 2 5 2 2]

出 願 人 株式会社島津製作所
Applicant(s):

2 0 0 4 年 1 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 K1020361

【提出日】 平成15年 2月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01T 1/20

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 戸波 寛道

【発明者】

【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所
内

【氏名】 大井 淳一

【特許出願人】

【識別番号】 000001993

【氏名又は名称】 株式会社 島津製作所

【代理人】

【識別番号】 100098671

【弁理士】

【氏名又は名称】 喜多 俊文

【電話番号】 075-823-1415

【選任した代理人】

【識別番号】 100102037

【弁理士】

【氏名又は名称】 江口 裕之

【電話番号】 075-823-1415

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005050

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 放射線検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

2 次元的に密着配置された複数本のシンチレータと、該シンチレータの本数よりも少ない複数本の光電子増倍管とを、位置弁別のために小区画化されたライトガイドにより光学的に結合させてなる放射線検出器であって、前記ライトガイドは、流動状態としたライトガイド材質中に小区画化のための区画壁によって形成された格子枠体を浸漬し固化させることにより成形されたものであることを特徴とする放射線検出器。

【請求項 2】

格子枠体が光反射材、光遮蔽材、光透過材、ハーフミラーから選択される少なくとも一種類の材料から形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、被検体に投与されて関心部位に蓄積された放射性同位元素（R I）からの放出された放射線（ガンマ線）を検出し、関心部位の R I 分布の断層像を得るための装置、例えばポジトロン C T 装置やシングルフォトン E C T 装置などに用いられる放射線検出器とその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

この種の放射線検出器は、被検体から放出されたガンマ線を入射して発光するシンチレータと、前記シンチレータの発光をパルス状の電気信号に変換する光電子増倍管とから構成されている。このような放射線検出器では、従来シンチレータと光電子増倍管とが一对一に対応するものがあったが、近年、複数のシンチレータ結晶を束ねてアレイ状にしたものにそれよりも少ない数の光電子増倍管を結合し、これらの光電子増倍管各々の出力比からガンマ線の入射位置を決定すると

いう方式を採ることによって、部品点数を削減しつつも高い位置分解能を実現している。

【0003】

このような近年の手法においては、アレイを形成する複数のシンチレータ結晶のうちガンマ線が入射したシンチレータ結晶のみが光を発し、この特定の位置で発せられたシンチレータ光を複数の光電子増倍管各々の出力比から入射位置を決定する。入射位置の弁別を正確に行うことはこの検出器が採用される医用診断装置等の画像の向上につながる。こうした光電子増倍管の出力比からガンマ線の入射位置を決定する手法においては、隣接する光電子増倍管における検出分布が、光の入射位置の変化に応じて一定の割合で変化するように適正に分配されるよう構成する必要がある。シンチレータ光を各光電子増倍管にいかにより適正に分配するかが入射位置の弁別精度に重要な意味を持ち、そのための手法も種々提案されている。

【0004】

【特許文献1】

特表昭62-500957号公報

【0005】

例えば特許文献1にも示されている従来の放射線検出器の構成を、図8を用いて説明する。これはシンチレータと光電子増倍管との間にライトガイドを介在させたタイプのものであり、ライトガイドに埋め込まれるバリヤ（反射壁）の深さを調整することにより位置弁別を可能としている。この放射線検出器は、光反射材もしくは光遮蔽部材が埋め込まれた多数のスリット111によって区画されたシンチレータ群110と、このシンチレータ群110に光学的に結合される光反射材もしくは光遮蔽部材により奥行き異なる小区画を画定しているライトガイド120と、ライトガイド120に光学的に結合される4個の光電子増倍管130₁、130₂、130₃、130₄とから構成されている。この放射線検出器では、ライトガイド120内の各バリヤ121の長さを内側から外側へいくに従って長くなるように調節して形成することによって、ガンマ線の入射位置弁別を可能としている。

【0006】

このような従来の放射線検出器においては、光学的に透明な材料からなるライトガイド120に対し、ダイシングソーやワイヤーソーで切断することにより所定の深さのスリットを形成し、その後適当な光反射材もしくは光遮蔽部材をこれらスリットに挿入して各バリヤ121を形成している。

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、上述した従来の技術には次のような問題がある。

近年、高感度なシンチレータを使用した高分解能の放射線検出器が提案されており、従来のものに比べシンチレータ群の数が非常に多いものとなっている。従ってひとつのシンチレータの断面は従来のものよりも小さいものとなる。このような要求のもとでは、光の伝達効率を劣化させないためにシンチレータ群に対して光学的に結合されるライトガイドの加工精度が高く、バリヤ間の幅を短くする必要がある。しかしながら、光学的に透明な材料塊からダイシングソーやワイヤーソーで切断することにより、バリヤ材を挿入する所定の深さのスリットを形成しているような従来の製造方法では加工精度が低くなり、加工表面が粗くかつスリットの幅が厚いものになってしまう。またスリット加工の際に、ダイシングソーやワイヤーソーにより9個の部品に切断した後、それらを組み合わせる場合、組立てが煩雑にになってコストが上昇するという問題もある。さらにはスリットを加工形成した後に光反射材を挿入するので、光反射材とスリットの間に隙間が生じ、反射効率が劣化するという問題もある。入射ガンマ線による出力が低下し正確に位置弁別できなくなると、全体の画質をも劣化させてしまう。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

この発明は上記課題を鑑みてなされたものであり、次のような製造方法により作製されたものである。

【0009】

すなわちこの発明に係る放射線検出器は、2次元的に密着配置された複数本のシンチレータと、該シンチレータの本数よりも少ない複数本の光電子増倍管とを

、位置弁別のために小区画化されたライトガイドにより光学的に結合させてなるものであって、該ライトガイドは、流動状態としたライトガイド材質中に小区画化のための区画壁によって形成された格子枠体を浸漬し固化させることにより形成される。

【0010】

区画壁とは光学的に透明なライトガイドを位置弁別のために小区画化するためのものであって、光反射材、光遮蔽材、光透過材、ハーフミラーなど公知の材質から形成される。また、位置弁別のために、隣接する光電子増倍管における検出分布が、シンチレータへの光の入射位置の変化に応じて一定の割合で変化するよう適正に分配されるように調節されたものである。

【0011】

ライトガイドの材質は、加工後、最終的に光学的に透明となるものであればよく、エポキシやアクリル等の樹脂系、ガラス系など、公知の材質が採用できる。また、元々透明であっても、硬化後に透明となるものであっても良い。小区画形成加工時には、区画壁から形成される格子枠体が浸漬できるように流動状態とされるが、浸漬可能な状態でさえあればよく、粘度等に特に制限はない。逆に格子枠体に対して流動状態のライトガイド材質を流し込むようにしても良い。また硬化についても、経時的に硬化するもの、温度変化により硬化するもの、光など外的硬化開始刺激を与えることにより硬化させるものなど、特に制限はない。

【0012】

【発明の実施の形態】

（第1実施形態）

以下、図面を参照して本発明の一実施例を説明する。図1は本発明に係る放射線検出器の一実施例の外観斜視図、図2は図1のA-A矢視断面図である。

【0013】

この実施例に係る放射線検出器は、光反射材もしくは光遮蔽部材が埋め込まれた多数のスリット11によって区画されX方向に10個、Y方向に10個の合計100個のシンチレータを2次元的に密着配置したシンチレータ群10と、このシンチレータ群10に光学的に結合される光反射材もしくは光遮蔽部材が埋め込

まれた多数の区画壁 21 により奥行きの異なる小区画を画定しているライトガイド 20 と、ライトガイド 20 に光学的に結合される4個の光電子増倍管 30₁、30₂、30₃、30₄とから構成されている。

【0014】

シンチレータとしては、例えば Bi₄Ge₃O₁₂ (BGO)、Gd₂SiO₅ (GSO)、Lu₂(1-x)Ce_{2x}(SiO₄)O (LSO)、NaI、BaF₂、CsFなどの無機結晶が用いられる。

【0015】

図2に示すように、例えばX方向に配列されたシンチレータ 10_{i1}~10_{i10} (i=1~10までの整数)に入射するガンマ線は可視光に変換され、ライトガイド 20 を介して光電子増倍管 30 へ導かれる。その際、シンチレータ 10 への入射位置を弁別するため、X方向に配列された光電子増倍管 30₁ (30₃) と光電子増倍管 30₂ (30₄) の出力比が一定の割合で変化するようにライトガイド 20 に形成される各々の区画壁 21 の長さが調整されている。即ち、光電子増倍管 30₁ の出力を P₁、光電子増倍管 30₂ の出力を P₂ とすると、計算値 (P₁ - P₂) / (P₁ + P₂) がシンチレータ 10_{i1}~10_{i10} の位置に応じて一定の割合で変化するように調整されている。より具体的には、ライトガイド 20 内の各区画壁 21 の長さを中央側から周辺側へいくに従って長くなるように調節している。

【0016】

一方、Y方向に配列されたシンチレータ 10_{1j}~10_{10j} (j=1~10までの整数)の場合も同様に、光学的に結合されるライトガイド 20 通して光電子増倍管へ光が導かれるわけであるが、Y方向に配列された光電子増倍管 30₁ (30₂) と光電子増倍管 30₃ (30₄) の出力比が一定の割合で変化するように、ライトガイド 20 の各々の区画壁 21 の長さが調整されている。

【0017】

なお、各シンチレータが対向していない外表面は、光電子増倍管側との光学結合面を除き図外の反射材で覆われている。

【0018】

図3は光電子増倍管30₁、30₂、30₃、30₄の出力に基づいて、ガンマ線の入射位置を検出する位置検出部の概略構成を示したブロック図である。同図に示すように、ガンマ線のX方向の入射位置を検出するために、光電子増倍管30₁の出力P₁と光電子増倍管30₃の出力P₃とが加算器1に入力されるとともに、光電子増倍管30₂の出力P₂と光電子増倍管30₄の出力P₄とが加算器2に入力される。両加算器1、2の各加算出力P₁+P₃とP₂+P₄とが位置弁別回路5へ入力され、両加算出力に基づき、ガンマ線のX方向の入射位置が求められる。同様にガンマ線のY方向の入射位置を検出するために、光電子増倍管30₁の出力P₁と光電子増倍管30₂の出力P₂とが加算器3に入力されるとともに、光電子増倍管30₃の出力P₃と光電子増倍管30₄の出力P₄とが加算器4に入力される。両加算器3、4の各加算出力P₁+P₂とP₃+P₄とが位置弁別回路6へ入力され、両加算出力に基づき、ガンマ線のY方向の入射位置が求められる。

【0019】

次にこの放射線検出器の製造方法を説明する（第1実施形態）。図4は光反射材、光遮蔽材、光透過材の何れかから成る薄い短冊51で構成された格子枠体50であり、ここでは各々の短冊51に溝52を設けておいて互いに組み合わせることにより格子枠体50を形成している。光反射材もしくは光遮蔽部材としては、SiO₂とTiO₂の多層膜構造のポリエステルフィルム、良く研磨されたアルミニウム、薄い基板の表面に酸化チタン、硫酸バリウムを塗布したもの、薄い基板の表面に白色フッ素樹脂テープを貼りつけたもの、薄い平滑な基板表面にアルミニウムを蒸着したもの等、格子枠体50を形成できるものであれば何でもよい。短冊51の外形加工としては、ダイシングカット、刃物によるカット、エッチング、レーザー加工、打ち抜き等何れの手法を用いても、薄板であるため容易に精密にカットすることが可能である。

【0020】

次に図5に示す槽60の凹部61は、格子枠体50を完全に覆うだけの面積と深さを有しており、格子枠体50が丁度収まる形状がのぞましく、最終守備良く硬化形成されたライトガイドを取り出すためあらかじめ離型剤を塗布してある。凹部61に、例えば完全に脱泡された光学的に透明なエポキシ、アクリルなどの

液体樹脂 70（図示していない）を流し込み、これに格子枠体 50 を沈浸する。液体樹脂が硬化した後、格子枠体 50 と液体樹脂 70 とが一体化したライトガイド 20 を取りだし、外型を整えるなどの切削加工、研磨などを行なう。

【0021】

このようにして形成された本発明に採用されるライトガイド 20 は、上述した製造方法をとっているため、ダイシングソーやワイヤーソーで切削加工した従来品と比べて、形状精度が高く、高分解能の放射線検出器であってシンチレータの断面が小さいものにも好適に利用される。また、光反射材や光遮蔽材の厚さを自由に薄くでき、透明樹脂部との間に隙間が無く、反射効率を劣化させることがないので、入射ガンマ線による出力を低下させることなく正確に位置弁別でき、全体の画質を向上させることができる。また部品点数を最小限に少なくすることができるので組立て工数を下げることができ低コストを達成できる。

【0022】

なお、上述した実施例では、100個のシンチレータとライトガイドと4個の光電子増倍管を各々光学的に結合して構成された放射線検出器を例にとって説明したが、この発明はこれに限定されずシンチレータや光電子増倍管の数は任意に設定できることはいうまでもない。

【0023】

（第2実施形態）

格子枠体に関する他の実施例では、図6に示すように薄い光学的に透明なフィルム 84 の一部に光反射材 83 としての酸化チタンを塗布して短冊 81 を構成し、各々の短冊 81 に溝 82 を設けておいて互いに組み合わせることにより格子枠体 80 を形成している。この場合、光反射材 83 を塗布する部分と塗布しない部分との割合は、図2を参照すると、格子枠体 80 で製作されたライトガイドと光学的に結合される、X方向に配列された光電子増倍管 30₁（30₃）と光電子増倍管 30₂（30₄）の出力比が一定の割合で変化するように実験的に定められる。より具体的には光電子増倍管 30₁の出力を P₁、光電子増倍管 30₂の出力を P₂とすると、計算値 $(P_1 - P_2) / (P_1 + P_2)$ がシンチレータ 10_{i1} ~ 10_{i10} の位置に応じて一定の割合で変化するように光反射材 83 の塗布面積を決定し

ている。

【0024】

短冊 81 の材料としては、薄い光学的に透明なフィルム 84 の一部に光反射材として硫酸バリウムを塗布したもの、白色フッ素樹脂テープを貼りつけたもの、アルミニウムを蒸着したもの、 SiO_2 と TiO_2 の多層膜構造のポリエステルフィルムを貼りつけたもの等、一部光を透過させ残りは光を反射させる構造の短冊で格子枠体 50 を形成できるものであれば何でもよい。また、薄い光学的に透明なフィルム 84 としては透明な PET フィルム、ルミラーフィルム等が望ましい。その他、ライトガイドを形成するための製造方法については第 1 実施形態で述べたものと同様である。

【0025】

(第 3 実施形態)

格子枠体に関するさらに他の実施例では、図 7 に示すように光の反射と透過を兼ね備えた薄いハーフミラー材 93 から短冊 91 を構成し、各々の短冊 91 に溝 92 を設けておいて互いに組み合わせることにより格子枠体 90 を形成している。この場合、ハーフミラー材 93 の透過度の割合は、図 2 を参照すると、格子枠体 80 で製作されたライトガイドと光学的に結合される、X 方向に配列された光電子増倍管 30₁ (30₃) と光電子増倍管 30₂ (30₄) の出力比が一定の割合で変化するように実験的に定められる。より具体的には光電子増倍管 30₁ の出力を P_1 、光電子増倍管 30₂ の出力を P_2 とすると、計算値 $(P_1 - P_2) / (P_1 + P_2)$ がシンチレータ 10_{i1} ~ 10_{i10} の位置に応じて一定の割合で変化するようにハーフミラー材 93 の透過度の割合を決定している。その他、ライトガイドを形成するための製造方法については第 1 実施形態で述べたものと同様である。

【0026】

【発明の効果】

以上のように、本発明においては、ライトガイド 20 を上述した方法にて製造しているので、ダイシングソーやワイヤーソーで切削加工した従来品と比べて形状精度が高く、高分解能の放射線検出器であってシンチレータの断面が小さいものにも好適に利用される。また、光反射材や光遮蔽材の厚さを自由に薄くでき、

透明樹脂部との間に隙間が無く、反射効率を劣化させることがないので、入射ガンマ線による出力を低下させることなく正確に位置弁別でき、結果として本検出器が採用される撮像装置等の画質を向上させることができる。また部品点数を最小限に少なくすることができるので組立て工数を下げることができ低コストを達成できる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 放射線検出器の一実施例を示す図である。
- 【図 2】 放射線検出器の一実施例を示す図である。
- 【図 3】 位置検出部のブロック図である。
- 【図 4】 本発明の第 1 実施形態に係る格子枠体に関する一実施例を示す図である。
- 【図 5】 本発明の第 1 実施形態に係る槽の一実施例を示す図である。
- 【図 6】 本発明の第 2 実施形態に係る格子枠体に関する一実施例を示す図である。
- 【図 7】 本発明の第 3 実施形態に係る格子枠体に関する一実施例を示す図である。
- 【図 8】 放射線検出器の従来例を示す図である。

【符号の説明】

- 1、2、3、4…加算器
- 5、6…位置弁別回路
- 10…シンチレータ群
- $10_{i1} \sim 10_{i10}$ ($i = 1 \sim 10$ までの整数) …X方向に配列されたシンチレータ
- $10_{1j} \sim 10_{10j}$ ($j = 1 \sim 10$ までの整数) …Y方向に配列されたシンチレータ
- 11…スリット
- 20…ライトガイド

2 1 …区画壁

3 0₁、3 0₂、3 0₃、3 0₄…光電子増倍管

5 0 …格子枠体

5 1 …短冊 5 1

5 2 …溝

6 0 …槽

6 1 …凹部

8 0 …格子枠体

8 1 …短冊

8 2 …溝

8 3 …光反射材

9 0 …格子枠体

9 1 …短冊

9 2 …溝

9 3 …ハーフミラー材

1 1 0 …シンチレータ群

1 1 1 …スリット

1 2 0 …ライトガイド

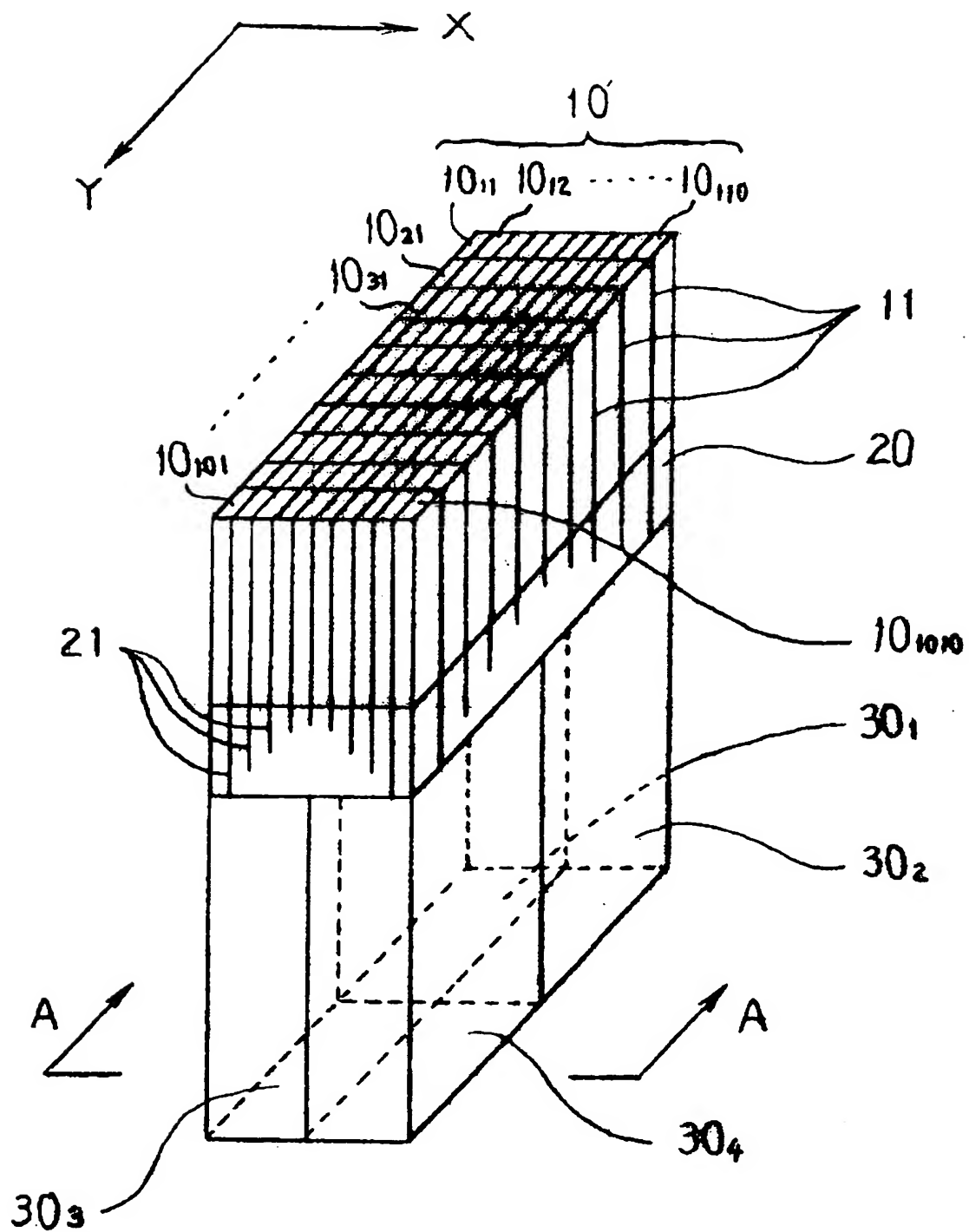
1 2 1 …バリヤ

1 3 0₁、1 3 0₂、1 3 0₃、1 3 0₄…光電子増倍管

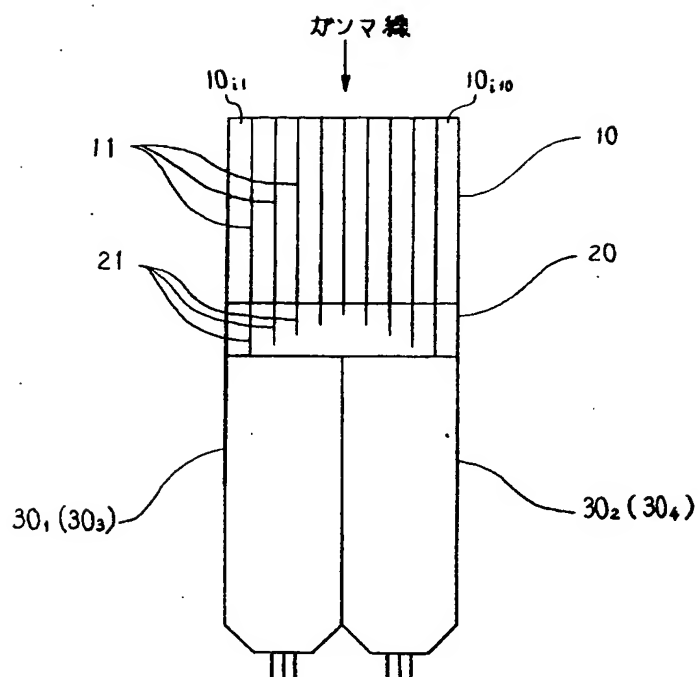
【書類名】

図面

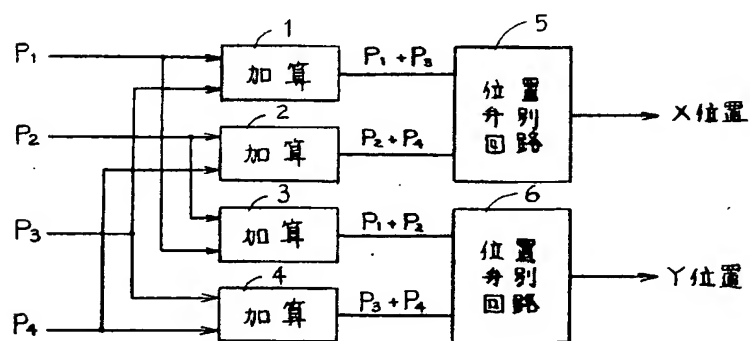
【図 1】



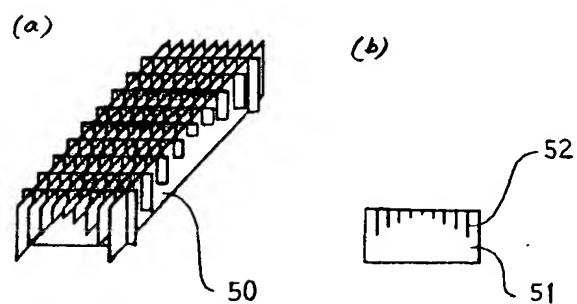
【図 2】



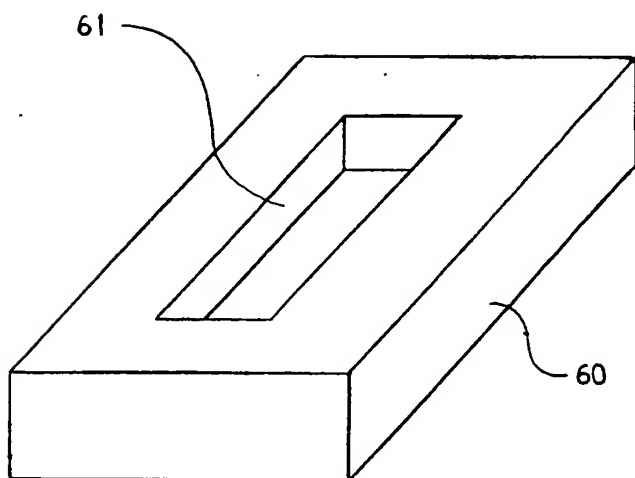
【図 3】



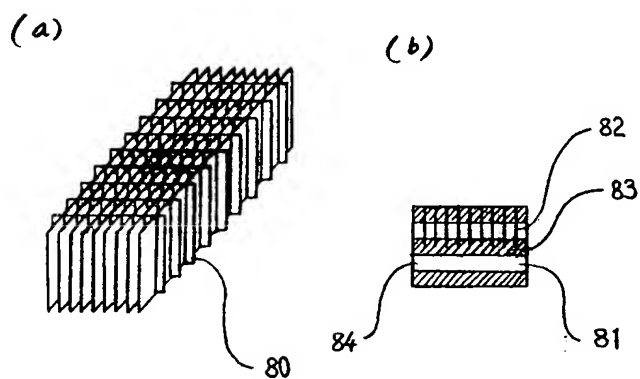
【図 4】



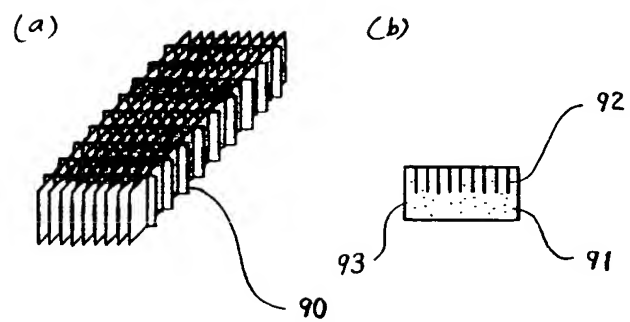
【図 5】



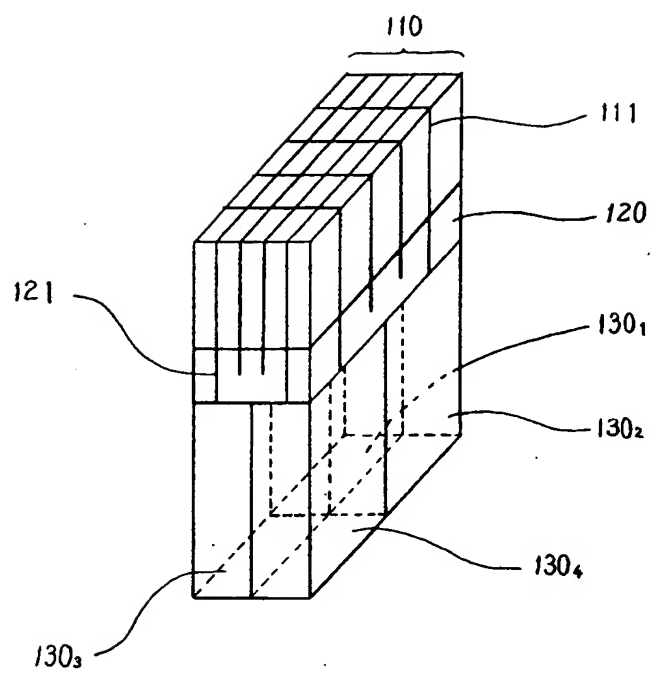
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シンチレータ群、ライトガイド、光電子増倍管が光学的に結合されてなる放射線検出器であって、ガンマ線が入射時の出力が低下しにくく、正確に位置弁別でき、しかも容易かつ安価にライトガイドを製造する。

【解決手段】 本発明の放射線検出器のライトガイドは次の方法により製造されたものが採用されている。まず、光反射材、光遮蔽材、光透過材などから形成された格子枠体50を槽内に配置し、光学的に透明な液体樹脂を前記槽に流し込み、格子枠体50を浸漬させる。液体樹脂が硬化した後に取りだし、周囲等を最終成形する。ライトガイドが精密に成型加工されているので、シンチレータからの出力を低下させることなく、正確に位置弁別でき、高分解能で高画質を維持することができる。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 3 - 0 3 2 5 2 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 9 9 3]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地
氏 名	株式会社島津製作所